

# PSpice A/D 教程九

## （数字电路分析）

### 教程内容：

数字电路的基本分析方法

数字信号源的设置

数字仿真的最坏情况分析

在前面几篇中，我们系统地介绍了如何用 PSpice 进行各种模拟电路的分析与设计，但当今世界，数字电路已普及开来，并且起着越来越重要的作用。所以这一篇我们主要来介绍一下数字电路的分析方法和有关数字信号的描述。PSpice 中由于增加了数字电路分析，使其分析功能更加完整，应用更加广泛。

## 一、数字电路的基本分析方法

以如图 9-1 所示的 JK 触发器构成的四位二进制异步加法计数器为例来说明如何进行数字电路的分析，注意：**数字电路只有瞬态分析**。

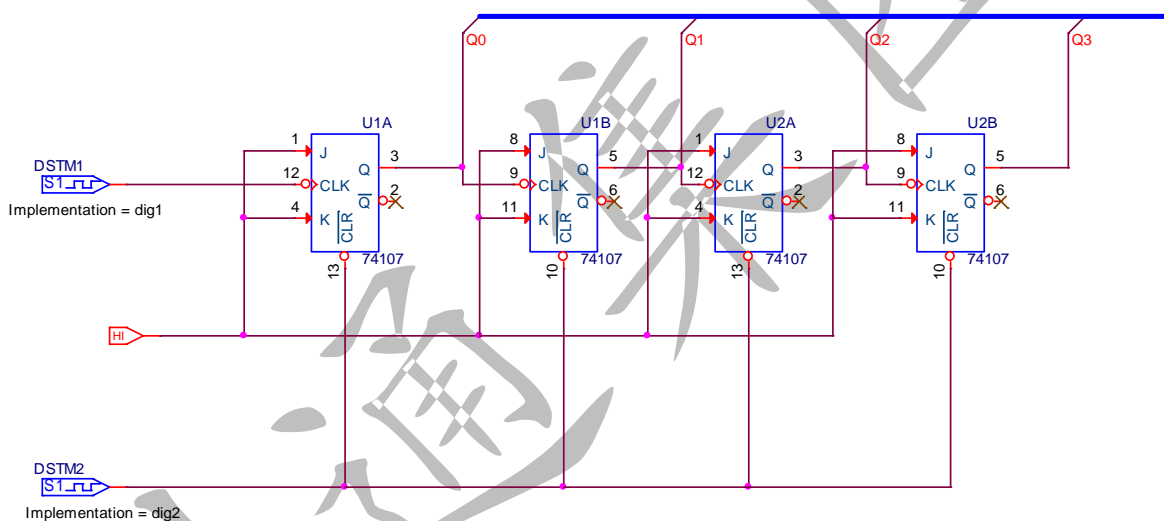


图 9-1 四位二进制异步加法计数器

### 1、原理图绘制

在 capture 中绘制图 9-1 电路，步骤和仿真模拟电路是相通的。JK 触发器选用 Eval.olb 库中的 74107 或者在 74 系列中搜索，共需要 4 个。

另外就是数字输入信号的编辑，激励源 DSTM 的符号是 DIGSTIM1，在 SourceSTM.olb 库中。编辑该信号可以点选该激励源的图形，利用菜单栏启动 Edit/PSpice Stimulus 命令，或者直接右键快捷菜单选择 Edit PSpice Stimulus，出现图 9-2 所示的类型选择框。在 name 中键入激励原名称，在 digital 栏中单选从 clock，单击 OK 后出现图 9-3 的时钟属性设置框。

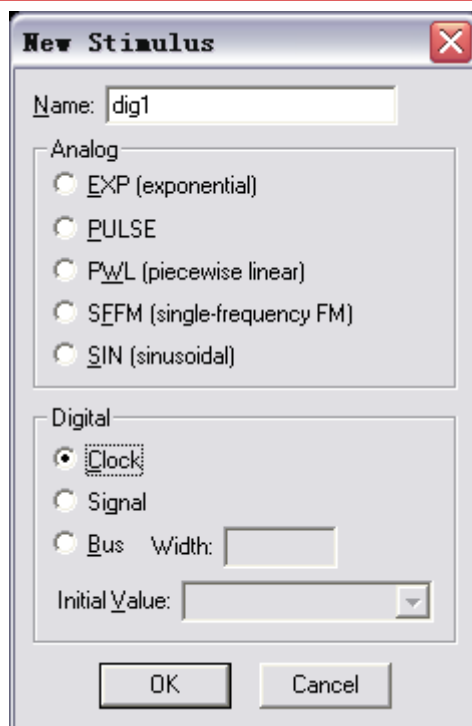


图 9-2 新激励源类型选择对话框

时钟属性设置框“Frequency”表示时钟频率值，Duty cycle 表示时钟波形占空比，“Initial value”表示时钟信号的初始值，最后“Time delay”表示时钟的时间延迟。图 9-3 表示对图 9-1 的两个激励源进行设置，并得到了图 9-4 的波形。

## 2、创建新的仿真文件

和原来介绍的仿真模拟电路是相同的，新建一个仿真文件，取上名称，然后进入图 9-5 的参数设置界面，因为是数字电路的方针，只能选择瞬态分析，该仿真参数设置在教程一中有介绍，所以就不细说。

3、运行仿真程序，得到输出波形，如图 9-6 所示。

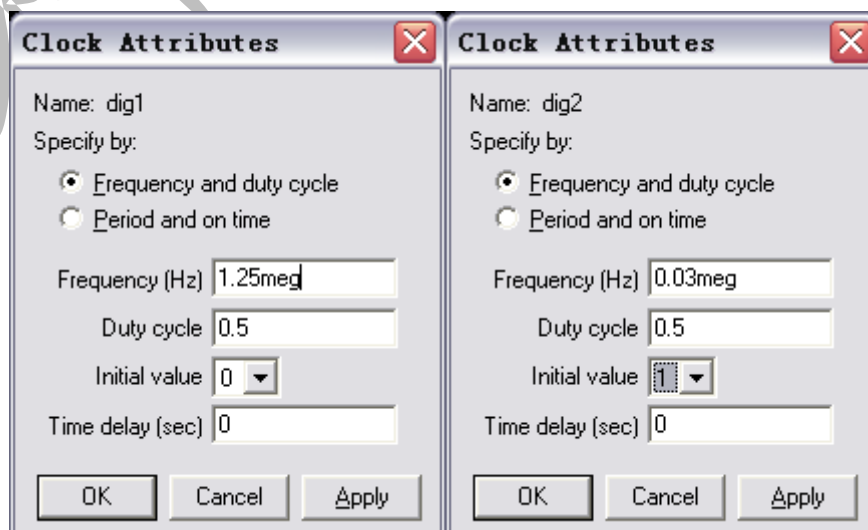


图 9-3 两个时钟属性设置框

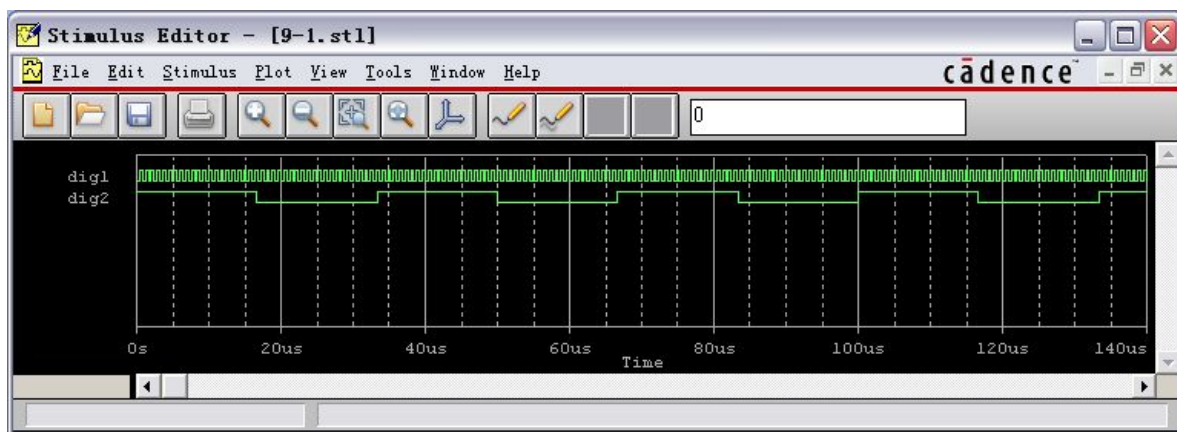


图 9-4 设置好后的波形

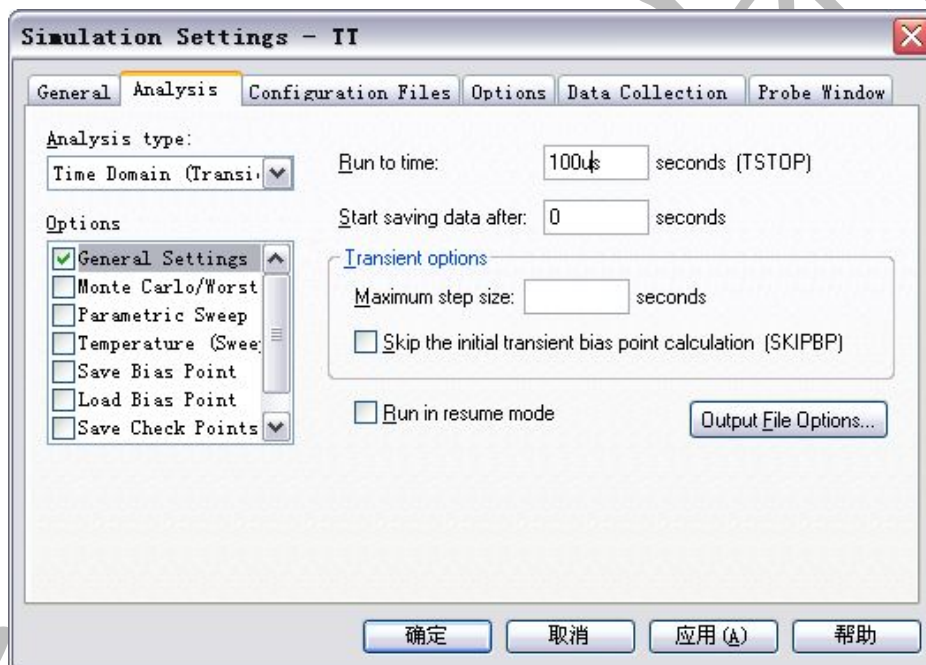


图 9-5 瞬态分析的参数设置界面

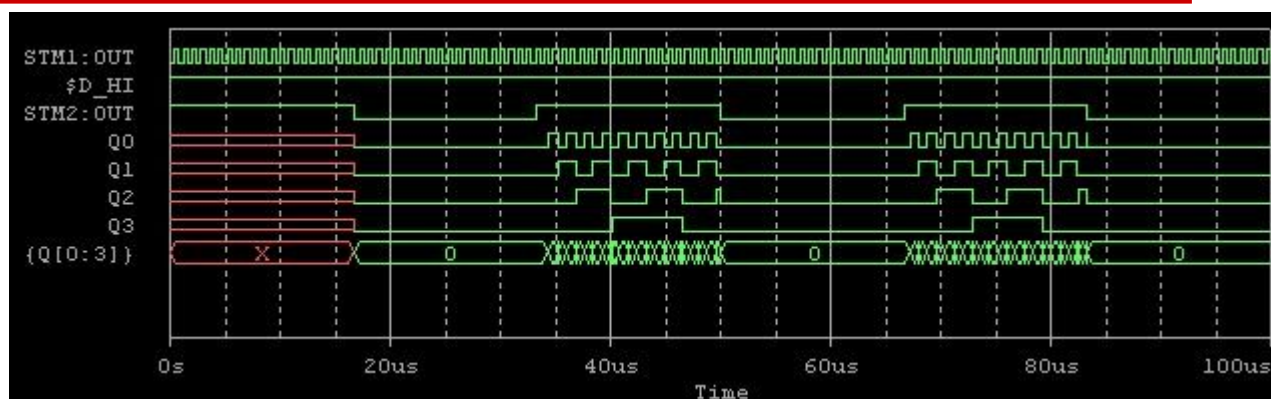


图 9-6 仿真结果

从这个例子来看，整个的分析过程和仿真模拟电路是完全一致的，只是仿真的方法只有一种而已。另外要强调的是数字电路分析时涉及的符号库，如图 9-7 所示。

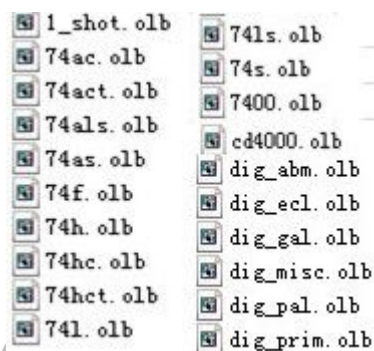


图 9-7 数字电路分析符号库

进行数字电路分析必须有两个库：digital.lib、Dig\_io.lib。前者存放各种数字元器件；后者存放各类数字和模拟电路之间转换的接口模型电路。

## 二、数字信号源

### 1、时钟型信号源 (DigClock)

时钟信号是数字电路模拟中使用最频繁的信号，也是波形最简单的信号。它可在 PSpice/SOURCE 库中提取。

元件的符号如图 9-8 所示，波形的设置和上述激励源的设置相仿，该信号源涉及 5 个参数。

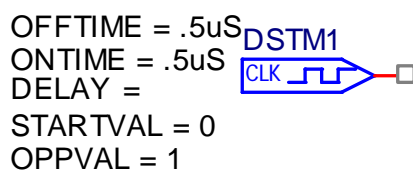


图 9-8 时钟型信号源的符号

若我们就按默认值设置，就能得到如图 9-9 所示的周期为 1 微秒的时钟信号。

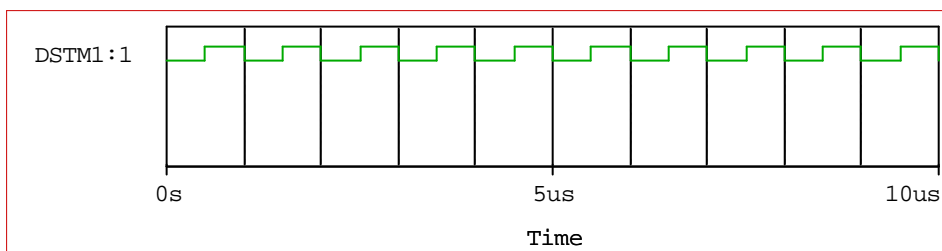


图 9-9 时钟信号的波形

## 2、基本型信号源 (STIMn)

基本的型的信号源主要是设置总线信号，总线信号含有多位信号，波形参数设置过程比时钟信号要复杂，同样可在 Source 库中提取符号，如图 9-10 所示四种类型。



图 9-10 基本型信号源符号

按一般元器件参数设置，双击器件后得到参数设置框，如图 9-11 所示。

	COMMAND2	COMMAND3
SCHEMATIC1: PAGE1		
TIMESTEP	Value	WIDTH
	STIM1	1

图 9-11 基本型信号源信号参数设置

各参数的含义：

**WIDTH:** 指定总线信号的位数。

**FORMAT:** 指定总线信号采用何种进位制。例如：1 表示 2 进制，2 表示 8 进制，4 表示 16 进制。也可以采用混合制的！第 1 位用 2 进制，后 3 位用 8 进制，则可写为“FORMAT: 12”。

**TIMESTEP:** 与 TIMESCALE=<时间倍乘因子>相仿。在用相对时间时(符号为 c)

**COMMAND1, ..., COMMAND16:** 对应一个个波形描述语句。

举例：

WIDTH: 4



FORMAT: 1111

TIMSTEP: 10ns

COMMAND1:0 1100

COMMAND2: 9c 1110

.....

同时也可以循环语句:

WIDTH: 4

FORMAT: 1111

TIMSTEP: 10ns

COMMAND1:0 1100

COMMAND2: REPEAT 50 TIMES \* (n=-1 时为无限循环)

.....

### 3、文件型信号源 (FileStim-n)

文件型信号原因信号波形是一个以 STL 为扩展名的波形文件来描述而得名的。这个描述文件可能很大,也可以嵌套子文件。它有如下 6 个不同功能的文件型信号源:

FileStim1: 一般数字信号, 1 位文件型信号

FileStim2: 2 位文件型总线信号

FileStim4: 4 位文件型总线信号

FileStim8: 8 位文件型总线信号

FileStim16: 16 位文件型总线信号

FileStim32: 32 位文件型总线信号

  
FILENAME =  
符号: SIGNAME =

波形描述文件是在“Stimulus File”中进行编写的。

### 4、图形编辑型信号源 (DigStim(n))

图形编辑型数字信号源的突出特点是可在 Stimulus Editor 图形编辑窗口下,形象直观的用人机对话方式编辑波形图。该信号源可在 PSpice/SOURCSTM 中提取。



符号:

Implementation = , 点击右键选择 **Edit PSpice Stimulus** , 进入 Stimulus

Editor 工具编辑信号。首先弹出的对话框如图 5-19 所示, 在 Digital 栏目, 选定“bus”, 在 “width” 中设置总线信号位数为: 2, 在 “initial Value” 中设置总线信号初始值, 默认为 0。

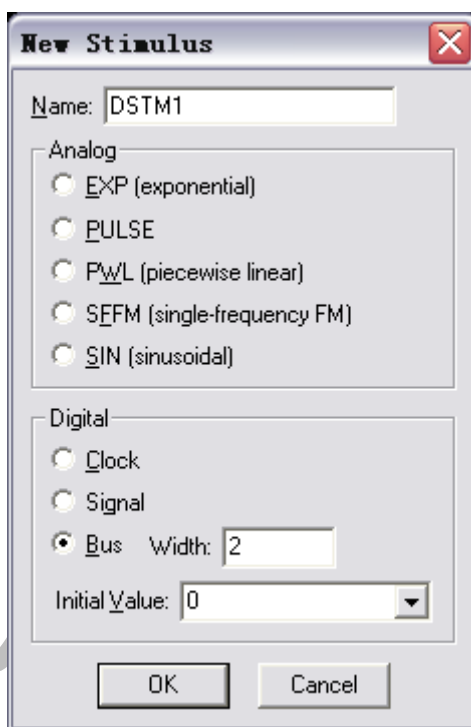





图 9-12 新建波形界面

确定后通过选择 Plot/Axis Setting 或点击图标  对坐标轴进行设置, 如图 9-13 所示, 然后是点击图标  , 出现小铅笔, 配合  就可以得到需要的波形了。如图 9-14 所示。



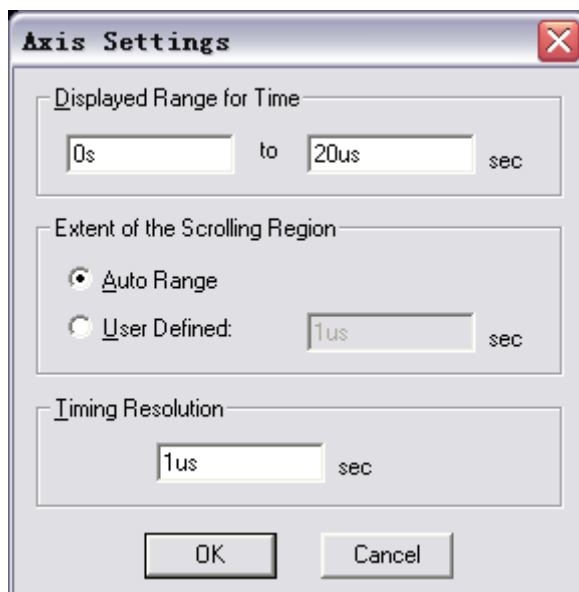


图 9-13 设置坐标轴

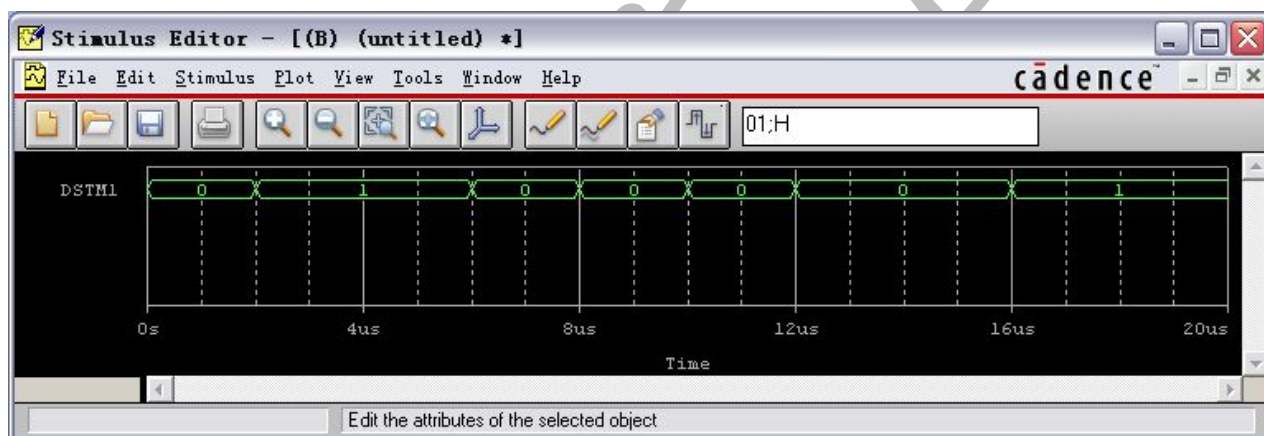


图 9-14 生成的波形

### 三、数字电路最坏情况逻辑模拟分析

像模拟电路最坏情况一样，数字电路同样提供了最坏情况逻辑模拟分析，只不过此时考虑的不再像模拟电路那样着重其输出值的偏移量，而将重点放在时序的问题上。数字逻辑期间的标准参数值称为标称值，而实际的器件参数值总存在一个误差范围，同种器件的误差又各有不同，因此不能保证按同一电路设计组装起来的各电路性能相同。逻辑器件输出端对输入端信号的反映有一个延迟时间，该事件对于同种器件不同的个体也有一个范围，这个时间范围称为模糊时间。最坏情况逻辑模拟就是考虑到这个时间，分析其对电路个电信号的影响，确定是否会引起不正常的逻辑关系。

如果最坏情况分析表明在设定的误差范围内有逻辑问题，说明电路各器件在分析时设定的误差范围内成品率低，这并不表明成品率是 0。如果逻辑电路器件既通过逻

辑模拟，又通过最坏情况模拟，说明电路对其内部个元器件的误差有足够款的容限，这样设计并组装的电路成品率将很高。

在进行数字逻辑分析时，对逻辑期间的延迟时间可设定最小值、最大值或典型值。进行最坏情况分析是取其最大值和最小值之差，这便是模糊时间的范围。信号在不同的逻辑器件中传送，各期间的模糊时间将累积。

以图 9-15 简单的一个数字电路为例来说明如何进行最坏情况分析。

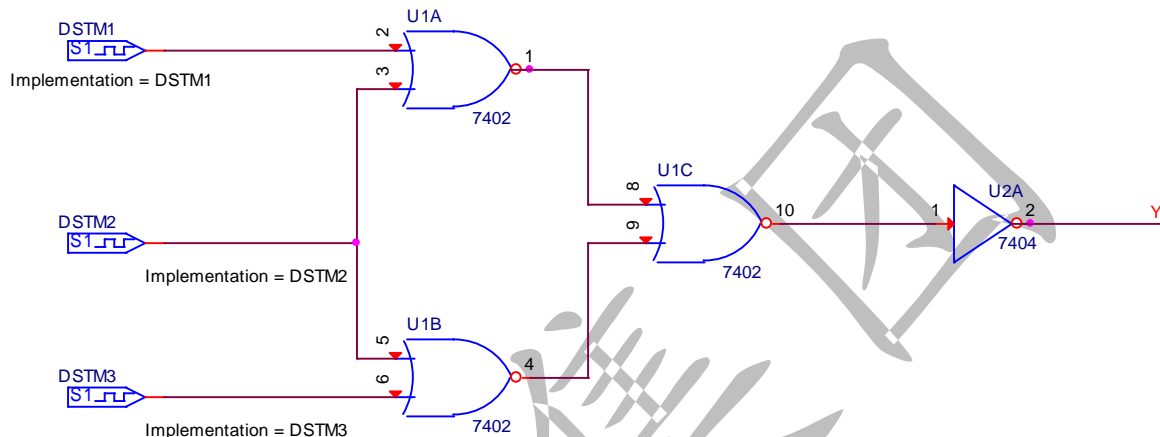


图 9-15 组合逻辑电路

对输入的三个信号采用图形编辑器进行设置，如图 9-16 所示。

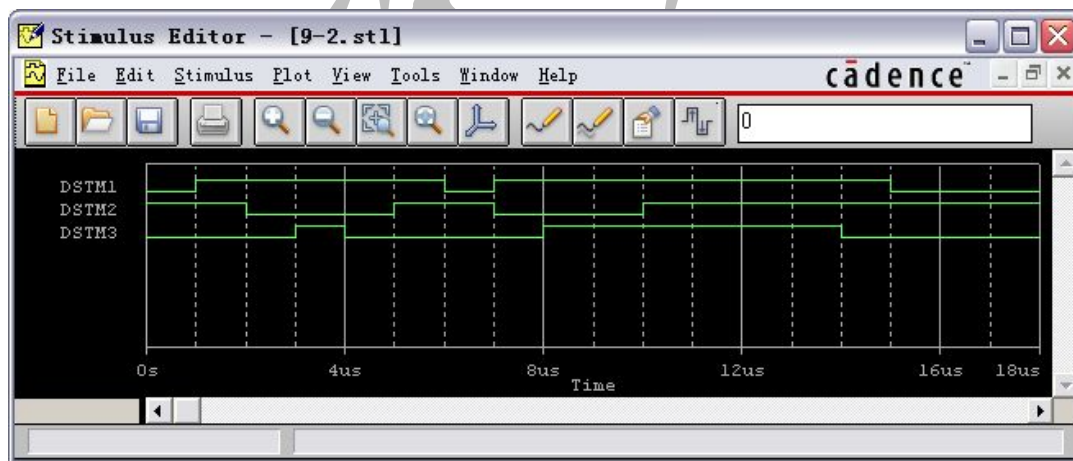


图 9-16 输入信号的图形设置

通过瞬态分析，如图 9-17 所示的设置。

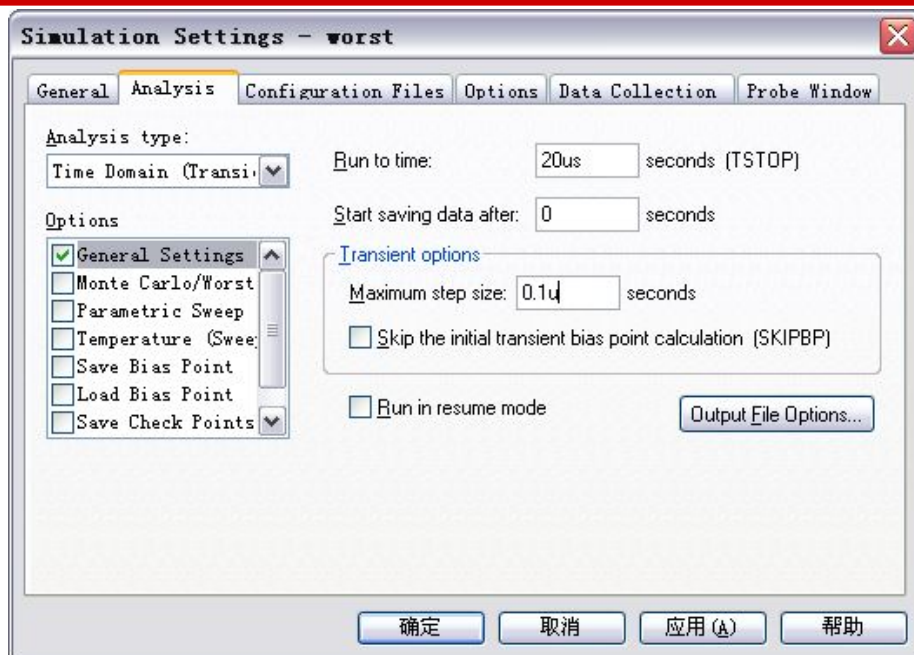


图 9-17 瞬态分析设置

得到的波形结果为图 9-18。

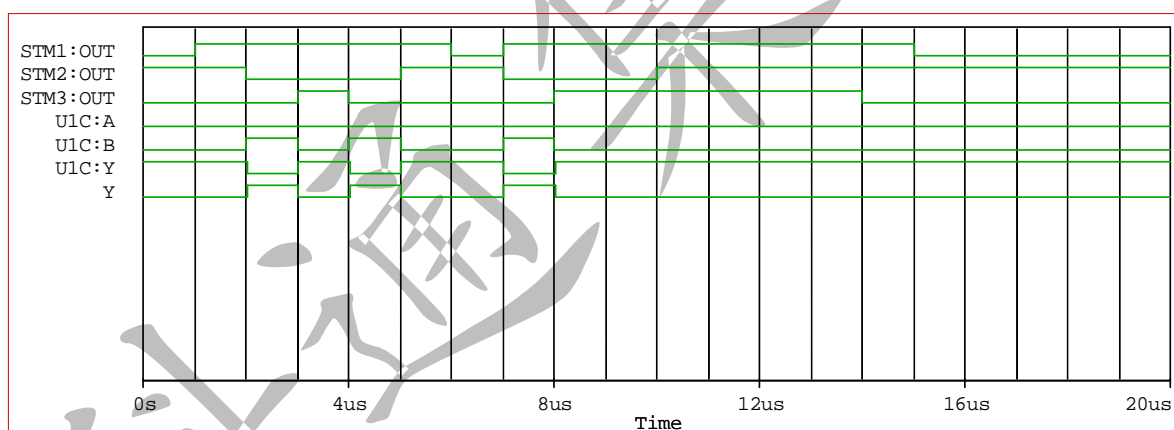


图 9-18 瞬态分析的结果

再次打开图 9-17 的界面，在 Option 项中，设置最坏情况分析，设置完后再次运行，得到存在不稳定的区间。

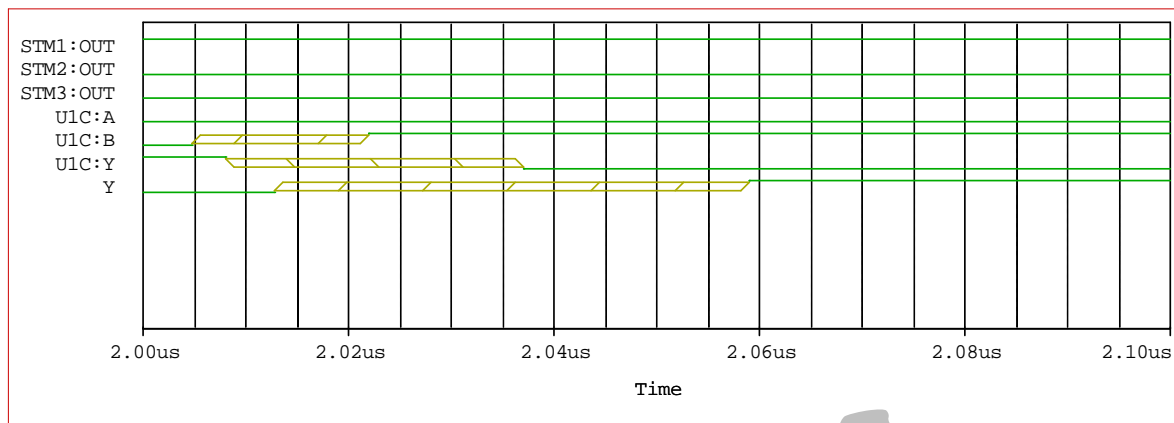


图 9-19 最坏情况逻辑模拟分析输出结果

上图说明与门输出在 2.008-2.037us 这段时间内有可能不稳定，如果这个电路接到下一级电路，尤其是时序逻辑电路时，便可能会产生时序上的错误，因此如果要避免后级电路发生时序问题，就必须悉心设计，让其状态时间不要落在这样的不稳定区间内。

#### 结束语：

关于数字电路的仿真就简单的说这些，对于模数混合的电路分析方法相同的。

如果有关于 PSpice 软件销售、技术支持或培训可联系：

科通数字技术公司 <http://www.comtech.com.cn>

地址：上海市长宁区延安西路 726 号华敏、翰尊时代广场 13 层 H 座

邮编：200050

电话：021-51696680

邮箱：[shaoqinwu@comtech.com.cn](mailto:shaoqinwu@comtech.com.cn)